

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

**PATENT ABSTRACTS OF JAPAN**

(11)Publication number : 2001-356177

(43)Date of publication of application : 26.12.2001

(51)Int.Cl.

G01V 3/10

(21)Application number : 2000-179691

(71)Applicant : KANSAI ELECTRIC POWER CO  
INC:THE  
KANSAI KEIKI KOGYO KK

(22)Date of filing : 15.06.2000

(72)Inventor : MUKUHASHI KIYOSHI  
KIMURA KOJI  
NAITO KAZUJI  
TOYAMA NOBORU**(54) BURIED CABLE INVESTIGATING METHOD****(57)Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a buried cable investigating method capable of executing easily conveyance, installation and operation, and executing position detection of a buried transmission cable with high precision.

**SOLUTION:** In this buried cable investigating method, a feeble alternating-current magnetic field generated from the transmission cable buried underground is measured on the ground surface by a magnetic field measuring device, and the buried position of the transmission cable is calculated from the measured value of the magnetic field. In the method, each magnetic field in the horizontal and vertical directions (biaxially) relative to the transmission cable is measured simultaneously respectively by two sensors installed separately at a fixed interval in the vertical direction, and the planar position of the transmission line is investigated based on the measured result.

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the  
examiner's decision of rejection or application  
converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of  
rejection][Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-356177

(P2001-356177A)

(43)公開日 平成13年12月26日(2001. 12. 26)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

G 0 1 V 3/10

識別記号

F I

G 0 1 V 3/10

データベース\*(参考)

B 2 G 0 0 5

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全 8 頁)

(21)出願番号 特願2000-179691(P2000-179691)

(22)出願日 平成12年6月15日(2000. 6. 15)

(71)出願人 000156938

関西電力株式会社

大阪府大阪市北区中之島3丁目3番22号

(71)出願人 592045245

関西計器工業株式会社

大阪府大阪市北区大淀北1丁目6番110号

(72)発明者 椋橋 清

大阪府大阪市北区中之島3丁目3番22号

関西電力株式会社内

(74)代理人 100105223

弁理士 岡崎 謙秀 (外1名)

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 埋設ケーブル探査方法

(57)【要約】

【課題】 搬送、設置、および操作が簡便であり、高い精度での埋設された送電ケーブルの位置検出が可能となる埋設ケーブル探査方法を提供する。

【解決手段】 地下に埋設された送電ケーブルを発生源とする微弱な交流磁界を磁界測定装置により地表上で測定し、この磁界の測定値から送電ケーブルの埋設位置を算出する埋設ケーブル探査方法において、垂直方向に一定間隔離して設置した2個のセンサーにより、送電ケーブルに対してそれぞれ水平、垂直方向(2軸)の各磁界を同時に計測し、計測結果に基づき、送電線の平面位置を探査する。

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 地下に埋設された送電ケーブルを発生源とする微弱な交流磁界を磁界測定装置により地表上で測定し、この磁界の測定値から送電ケーブルの埋設位置を算出する埋設ケーブル探査方法において、垂直方向に一定間隔離して設置した 2 個のセンサーにより、送電ケーブルに対してそれぞれ水平、垂直方向（2 軸）の各磁界を同時に計測し、計測結果に基づき、送電線の平面位置を探査することを特徴とする埋設ケーブル探査方法。

【請求項 2】 2 個のセンサーの計測結果に基づき、送電ケーブルの相配列を判断し、予め各送電ケーブル相配列毎に作成したデータベースを用い、送電ケーブルの深さを算出することを特徴とする請求項 1 記載の埋設ケーブル探査方法。

【請求項 3】 送電ケーブルに流れる電流および送電ケーブルからの垂直距離を変数とした理論計算により送電ケーブルを発生源とする交流磁界を算出し、送電ケーブルに流れる電流および送電ケーブルからの垂直距離をインデックスとして算出された交流磁界の値を配列に格納して構築されたデータベースを用いることを特徴とする請求項 2 記載の埋設ケーブル探査方法。

【請求項 4】 水平位置が等しく、また、高さ方向に間隔が設けられ設置された 2 つの磁気センサーを具備する磁界測定装置を地上で送電ケーブルの走行方向と垂直に走査させ、埋設された送電ケーブルを発生源とする磁界を測定することを特徴とする請求項 1 または 2 記載の埋設ケーブル探査方法。

【請求項 5】 請求項 3 記載のデータベースを構成する配列のインデックスである送電ケーブルの電流を設定し、同様に配列のインデックスである垂直距離を変動させ請求項 4 の磁界測定装置を用いて測定された磁界と、配列に格納された値とが一致するか、または近い値をとる場合についての垂直距離を 2 つの磁気センサーについてそれぞれ求めるステップと、求められた 2 つの磁気センサーのそれぞれに対応する垂直距離の差が磁気センサーの間隔と一致するか否かを判定し、一致しない場合には最初のステップへ戻ることによって新たにケーブルの電流を設定し、さらに前記のステップを繰り返し、また、一致した場合には下方に設置された磁気センサーと送電ケーブルとの垂直距離から下方に設置された磁気センサーの高さを引いた値を送電ケーブルの埋設深度として決定することを特徴とする請求項 2 記載の埋設ケーブル探査方法。

【請求項 6】 請求項 5 記載の各ステップをコンピュータにより機能させるプログラムとして記録されていることを特徴とするコンピュータ読み取り可能な記憶媒体。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 この出願の発明は、埋設ケーブル探査方法に関するものである。さらに詳しくは、こ

の発明は、電磁誘導現象を利用して地下に埋設された送電線の埋設深度を検出する埋設ケーブル探査方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術とその課題】 一旦地中に埋設されたガス管、上水道管、下水道管、電力ケーブル等の埋設物について、その埋設物を修理したり、または、その埋設物の近傍に新たな埋設物を埋設するような工事を行う場合には、既存の埋設物の埋設位置を調べる必要が生じる。これらの埋設物を現場において掘り起こすことなく、地上から容易に埋設位置を検出できる手法として、埋設物標識システムが知られている。

【0003】 埋設物標識システムにおいては、埋設物を地中に埋設する際に、その埋設物の埋設位置情報を予め無線タグに記憶しておき、埋設物に取り付けておくことで、工事の際には、この無線タグを電磁波にตอบสนองせしめ地上の無線装置により無線タグに記憶された埋設位置情報を読み取ることで、埋設物の深度情報を得ることが可能である。しかしながら、埋設物の深度は常に一定ではなく、地殻変動の発生、道路整備等の自然的、人工的な環境変化によって年月の経過と共に変化することも多い。したがって、上記の手法では埋設時の深度しか得られないので、埋設物の深度が変化した場合には現状における埋設物の正確な深度を測定することができないことが問題となっている。

【0004】 電力設備の運用においては、これまで予知保全や予防保全という視点で技術やノウハウの蓄積がなされてきており、地中に埋設された送電設備に故障、不良が見つかった場合に実施される補修工事においては、地中に埋設された送電ケーブルなどの地中設備の位置を非開削で正確に測定するための探査手法の開発が強く望まれてきた。前記の埋設物標識システムと同様に、地中の埋設物の位置検出を目的として、地殻や埋設物に関する物理量の測定を行ない、測定値から地下構造を推定する物理探査手法が提案されてきた。物理探査手法としては、これまで、電磁誘導法、地下レーザ法、または、それらの併用法の適用が検討されてきた。

【0005】 電磁誘導法は、地下埋設物に対して、磁界送信源から間接的に誘導磁界を与えることで、管路から発生する 2 次磁界を受信磁気センサーによって測定し、測定値の変化から埋設管路の水平位置、垂直位置を検出する物理探査手法である。電磁誘導法は、磁界送信源と受信磁気センサーとの位置関係、受信磁気センサーの設置位置、測定磁界の方向、埋設物の位置の推定方法などにより様々な手法に細分化されるが、どの手法においても、外来のノイズの中で精度の高い測定を行なうためには、大掛かりな磁界送信源を用意する必要があり、特に都市部においては外界のノイズも大きいことや、また、建造物や道路などの測定環境などによっては設置場所の確保や装置の運搬に困難が伴うことが問題となってい

る。

【0006】地下レーダー法は、一般には10MHz以上の電磁波の反射、屈折、透過現象を利用して地下構造のイメージングを行なう手法である。地下レーダー法においても、電磁誘導法と同様、外来のノイズの問題や、測定装置の設置場所の確保、装置の運搬の難しさが、解決されるべき課題として残されており、さらには、深い位置の埋設物を対象とした場合には検出精度が著しく低下するという可探深度に関しても技術的な改善が求められている。

【0007】以上に示したように電磁誘導法や地下レーダー法には、いくつかの技術的な課題が残されていることや、また、地下の送電ケーブルを探索対象とする場合には、工事現場での一時的な測定であることから、搬送や設置が簡便であることが必須であることから、実用的なレベルには達した埋設ケーブル探索手法が開発されていないのが現状である。

【0008】この出願の発明は、以上の通りの事情に鑑みてなされたものであり、搬送、設置、および操作が簡便であり、高い精度での埋設された送電ケーブルの位置検出が可能となる埋設ケーブル探索方法を提供することを課題としている。

【0009】

【課題を解決するための手段】この出願の発明は、上記の課題を解決するものとして、地下に埋設された送電ケーブルを発生源とする微弱な交流磁界を磁界測定装置により地表上で測定し、この磁界の測定値から送電ケーブルの埋設位置を算出する埋設ケーブル探索方法において、垂直方向に一定間隔離して設置した2個のセンサーにより、送電ケーブルに対してそれぞれ水平、垂直方向

(2軸)の各磁界を同時に計測し、計測結果に基づき、送電線の平面位置を探索することを特徴とする埋設ケーブル探索方法を提供する。

【0010】この出願の発明の埋設ケーブル探索方法は、2個のセンサーの計測結果に基づき、送電ケーブルの相配列を判断し、予め各送電ケーブル相配列毎に作成したデータベースを用い、送電ケーブルの深さを算出すること、送電ケーブルに流れる電流および送電ケーブルからの垂直距離を変数とした理論計算により送電ケーブルを発生源とする交流磁界を算出し、送電ケーブルに

流れる電流および送電ケーブルからの垂直距離をインデックスとして算出された交流磁界の値を配列に格納して構築されたデータベースを用いることを特徴とする。

【0011】この出願の発明の埋設ケーブル探索方法は、前記データベースを構成する配列のインデックスである送電ケーブルの電流を設定し、同様に配列のインデックスである垂直距離を変動させ前記磁界測定装置を用いて測定された磁界と、配列に格納された値とが一致するか、または近い値をとる場合についての垂直距離を2つの磁気センサーについてそれぞれ求めるステップと、

求められた2つの磁気センサーのそれぞれに対応する垂直距離の差が磁気センサーの間隔と一致するか否かを判定し、一致しない場合には最初のステップへ戻ることで新たにケーブルの電流を設定し、さらに前記のステップを繰り返し、また、一致した場合には下方に設置された磁気センサーと送電ケーブルとの垂直距離から下方に設置された磁気センサーの高さを引いた値を送電ケーブルの埋設深度として決定するものである。さらに、この出願の発明は、上記の各ステップをコンピュータにより機能させるプログラムとして記録されていることを特徴とするコンピュータ読み取り可能な記憶媒体をも提供する。

【0012】

【発明の実施の形態】この出願の発明は上記のとおりの特徴をもつものであるが、以下にその実施の形態について説明する。

【0013】この出願の発明の埋設ケーブル探索方法においては、地下に埋設された送電ケーブルを流れる交流電流を発生源とする交流磁界を、地表上において磁界測定装置により測定し、この磁界の測定値から送電ケーブルの埋設深度を求める。地表面における測定は、埋設された送電ケーブルを横断する方向に磁界測定装置を移動させながら行なわれる。

【0014】磁界測定装置は、図1に例示するように、2つの磁気センサー(1)(2)と、これらの磁気センサーによる測定値を保存するためのコンピュータ(3)と、磁界測定装置が地表を移動するための移動機構(4)によって構成される。2つの磁気センサー(1)(2)の位置関係は、水平位置が等しく、また、高さ方向には一定の間隔 $L'$ が設けられており、それぞれの磁気センサーの地表からの高さは、上方磁気センサー(1)が $H_0$ 、下方の磁気センサー(2)が $H_1$ となるように設定されている。

【0015】磁気センサーとしては、コイルやループアンテナなどの誘導電圧センサーが用いられる。また、磁気センサーは、磁界測定装置の進行方向および地面垂直方向、または、磁界測定装置の進行方向、地面垂直方向、および磁界測定装置の進行方向と垂直な方向の磁束密度を同時に測定可能な2軸/3軸誘導電圧センサーが用いられる。

【0016】この出願の発明の埋設ケーブル探索方法では、まず、送電ケーブルを発生源とする交流磁界を、送電ケーブルに流れる電流 $I$ および送電ケーブルからの垂直距離 $L$ を変数として理論計算により算出し、さらに、送電ケーブルに流れる電流 $I$ および送電ケーブルからの垂直距離 $L$ をインデックスとして、前記の理論計算で算出された交流磁界を配列 $B(I, L)$ に格納し、データベースを構築する。送電ケーブルの相配列によって、発生する磁界が異なることから、このデータベースは送電ケーブルの相配列ごとに用意される。

【0017】この出願の発明の埋設ケーブル探査方法においては、送電ケーブルに対してそれぞれ水平、垂直方向（2軸）の各磁界を同時に計測することが可能な2個のセンサーを、垂直方向に一定間隔離して設置し、これらセンサーにより測定される計測結果に基づき、送電線の平面位置の探査を行なう。

【0018】この出願の発明の埋設ケーブル探査方法における埋設ケーブルの検出の手順について図2および図3を用いて説明する。

【0019】図2に示すように、磁界測定装置の進行方向にx軸を、x軸に垂直な地面水平方向にy軸を、そして、地面垂直方向にz軸をとる。測線に沿って磁界測定装置を走査することで、上方に設置された磁気センサーにて誘導される起電力のx軸方向成分 $V_{0x}$ およびz軸方向成分 $V_{0z}$ が、また、下方に設置された磁気センサーにて誘導される起電力のx軸方向成分 $V_{1x}$ およびz軸方向成分 $V_{1z}$ が測線上の測定点において測定され、測定された値は、コンピュータにデジタルデータとして\*

$$B_0 = \sqrt{B_{0x}^2 + B_{0z}^2} \quad (I)$$

【0023】

※ ※【数2】

$$B_1 = \sqrt{B_{1x}^2 + B_{1z}^2} \quad (II)$$

【0024】埋設された送電ケーブルを横断する方向に磁界測定装置を移動させたとき、送電ケーブルの直上において $B_0$ および $B_1$ の値は最大となる。

【0025】最大となる $B_0$ および $B_1$ に対しては、それぞれについて近い値が前記のデータベースに格納された磁界の中から探索される。このとき、まず送電ケーブルの電流 $I$ を設定し（図3（D））、送電ケーブルと磁気センサーとの距離 $L$ を変化させ（図3（E））、これ★

$$L' \approx L_0 - L_1,$$

【0027】が成り立つならば、送電ケーブルの埋設深度 $D$ は、次式

$$D = L_1 - H_1,$$

【0029】として与えられる（図3（F））。もしも、式（III）が成立しない場合には、電流値を変化させ、さらに以上の手順を繰り返す。

【0030】なお、データベースの探索の際には、送電ケーブルの配列タイプは事前に既知のものであるから、探査対象となる送電ケーブルの相配列タイプに対応した配列 $B(I, L)$ のみを対象とした探索が行われる。

【0031】以上の方法は、コンピュータにより機能させるプログラムとしてコンピュータにより読み取り可能な記憶媒体に記録される。

【0032】また、この出願の発明の埋設ケーブル探査方法においては、前記の通り、3軸誘導電圧センサーを用いてもよく、この場合には磁界測定装置の進行方向と垂直な方向の磁束密度により、送電ケーブルの走行方向

\*入力され、補助記憶装置に保存される（図3（A））。

【0020】補助記憶装置に保存された2個のセンサーの計測結果に基づき、送電ケーブルの相配列についての判断がなされる。例えば、2回線同相タイプと2回線Lタイプとでは、それぞれ図4および図5に示したように、送電ケーブルと磁界測定装置との水平距離に対する各センサーにおける起電力の分布が異なることから、移動距離に対する起電力の分布を調べることで、相配列を判断することが可能である（図3（B））。

【0021】次いで、補助記憶装置に保存された $V_{0x}$ 、 $V_{0z}$ 、 $V_{1x}$ 、 $V_{1z}$ は、磁気センサーの特性（巻数、面積など）に依存する特性係数で除算され、それぞれのセンサー位置における磁束密度の各方向の成分として $B_{0x}$ 、 $B_{0z}$ 、 $B_{1x}$ 、 $B_{1z}$ に変換される。さらに、合成磁束密度 $B_0$ 、 $B_1$ が次式により算出される（図3（C））。

【0022】

【数1】

★らのインデックスに対応するデータベース中の配列 $B(I, L)$ から、 $B_0$ および $B_1$ に近い値を探索する。データベース中から見つけられた $B_0$ および $B_1$ に近い値に対応する送電ケーブルと磁気センサーとの距離を、それぞれ $L_0$ 、 $L_1$ とすると、

【0026】

【数3】

(III)

☆【0028】

☆【数4】

(IV)

の湾曲を調べることも可能となる。

【0033】この出願の発明は、以上の特徴を持つものであるが、以下に実施例を示し、さらに具体的に説明する。

【0034】

【実施例】実施例1

データベース構築に用いられる理論式について示す。

【0035】図6に示すように、測定点 $S$ より $H$ （m）の距離にA相、B相、C相から構成される3相交流の送電ケーブルが、それぞれ間隔 $d$ （m）で埋設されているとする。このとき、それぞれの相の送電ケーブルに流れる電流 $I_A$ 、 $I_B$ 、 $I_C$ は、各相が実効値 $I$ （A）の潮流であるとするならば、Phasor表示により次式で表される。

【0036】

\* \* 【数5】

$$A相: I_A = I \cos \omega t = I e^{j0^\circ}$$

(V)

$$B相: I_B = I \cos (\omega t + 120^\circ) = I e^{j120^\circ}$$

(VI)

$$C相: I_C = I \cos (\omega t + 240^\circ) = I e^{j240^\circ}$$

(VII)

$$\text{ただし、} e^{j\theta} = \cos \theta + j \sin \theta$$

【0037】3相の送電ケーブルを発生源とする測定点 ※【0038】

Sにおける磁束密度の各方向成分は、ビオ・サバールの

【数6】

法則により、 ※

$$B_x = 2 \left( \frac{H}{d^2 + H^2} I_A + \frac{1}{H} I_B + \frac{H}{d^2 + H^2} I_C \right) \quad (\text{VIII})$$

【0039】

★ ★ 【数7】

$$B_z = 2 \left( \frac{d}{d^2 + H^2} I_A + \frac{d}{d^2 + H^2} I_C \right) \quad (\text{IX})$$

【0040】で表される。電流Iと距離Hの値を一定の刻み値で変化させ、式(V)～(IX)を用いた反復演算を実行し、電流Iと距離Hをインデックスとして配列B(I, H)に計算値が格納されることで、データベースの構築が行われる。ただし、これらの値は複素数である

ので、配列B(I, H)には振幅が格納される。

実施例2

図7に示すような測定装置を用いて、地表より埋設された送電ケーブルの探査を実施した。測定装置を送電ケーブルの走行方向と垂直方向に、すなわち送電ケーブルを横断する方向に走査し、磁気センサーに誘導される電圧を測定し、その値が最大となる地点を求める。磁気センサーの誘導電圧が最大値から磁束密度の値を求め、データベースの探索を実行し、前記の手順に従い決定した送電ケーブルの埋設深度と対応する水平位置を図8に示した。

【0041】埋設された送電ケーブルは、図9に示すように管路に設置されており、管路の上端の深度は2.0mであった。また、水平方向の位置は、左端が図8における0.65mの位置、右端が図6における1.15mの位置に対応する。図8に示した結果は、7回測定を繰り返したものであるが、実際の送電ケーブルの位置を十分な精度で検出していることがわかる。

【0042】

【発明の効果】以上、詳しく説明した通り、この出願の発明により、搬送、設置、および操作が簡便であり、高い精度での埋設された送電ケーブルの位置検出が可能となる埋設ケーブル探査方法が提供される。この出願の発明の埋設ケーブル探査方法は、これまでの電磁誘導法や地下レーダー法においては必須とされていた磁界送信源を必要としないことから、測定システムとして小型かつ軽量な形態を実現し、搬送や設置などの手間が簡略化される。また、ケーブルの埋設深度が変化した場合にも対

応できることから、その実用化が期待される。

【図面の簡単な説明】

【図1】この出願の発明に係る磁界測定装置の構成を示した概要図である。

【図2】磁界測定装置と送電ケーブルの位置関係を示した概要図である。

【図3】この出願の発明の埋設ケーブル探査方法における送電ケーブルの埋設深度の算出方法を示した流れ図である。

【図4】2回線同相タイプの送電線の作る磁界により2個のセンサーに誘導される起電力と水平距離との関係を示したグラフである。

【図5】2回線Lタイプの送電線の作る磁界により2個のセンサーに誘導される起電力と水平距離との関係を示したグラフである。

【図6】この出願の発明の実施例における3相の送電ケーブルと測定点との位置関係を示した概要図である。

【図7】この出願の発明の実施例で使用された磁界測定装置の写真である。

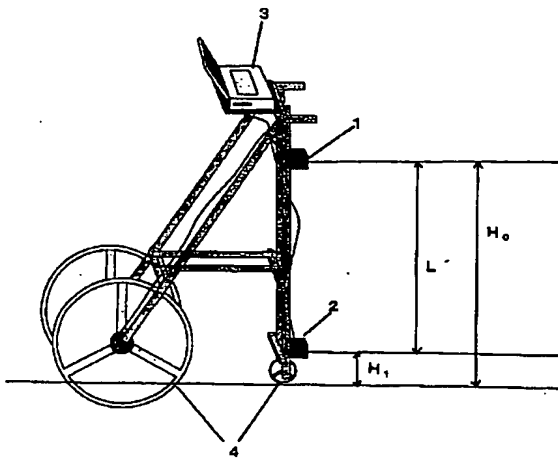
【図8】この出願の発明の実施例において、検出結果として得られた埋設された送電ケーブルの水平位置xと、水平位置xに対応する埋設深度Dとを示したグラフである。

【図9】この出願の発明の実施例において探査対象となった送電ケーブルと管路の実際の位置を示した概略図である。

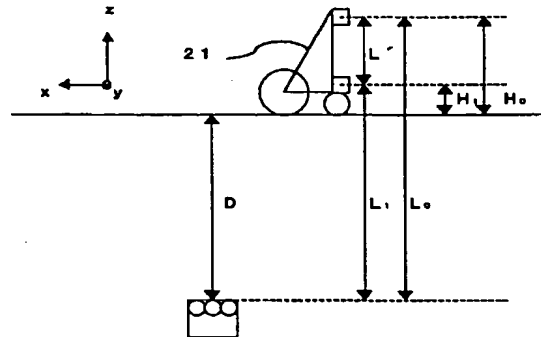
【符号の説明】

- 1 磁気センサー
- 2 磁気センサー
- 3 コンピュータ
- 4 移動機構
- 21 磁界測定装置

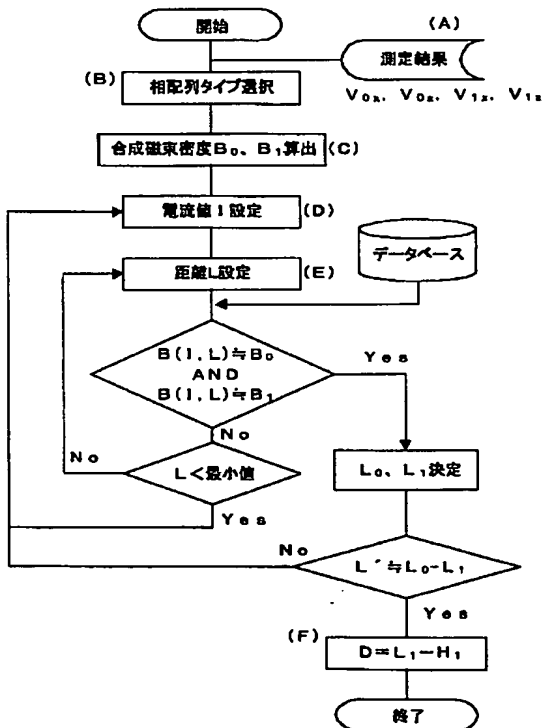
【図1】



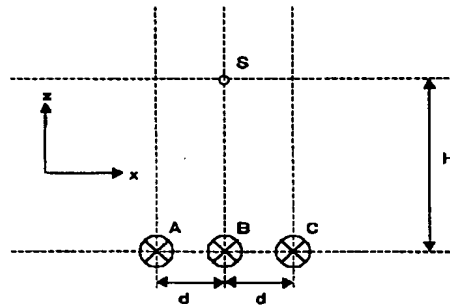
【図2】



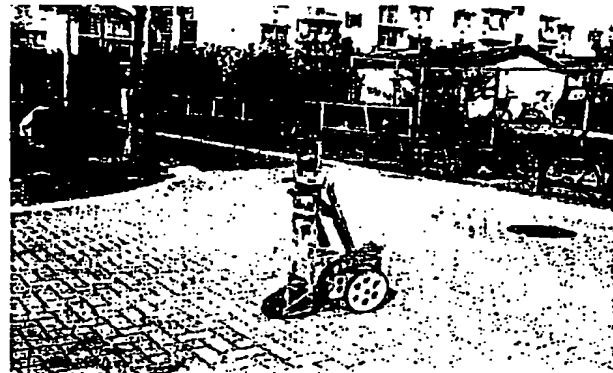
【図3】



【図6】

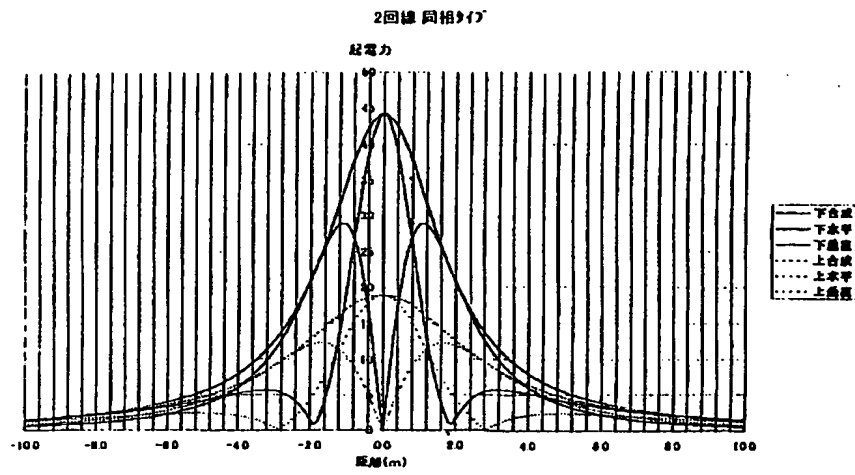


【図7】

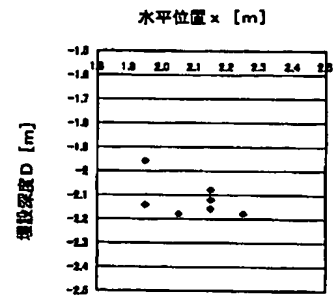




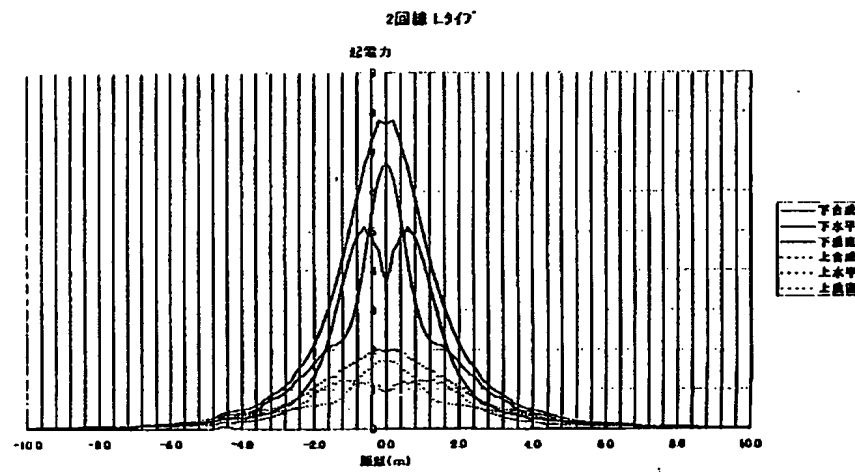
【図4】



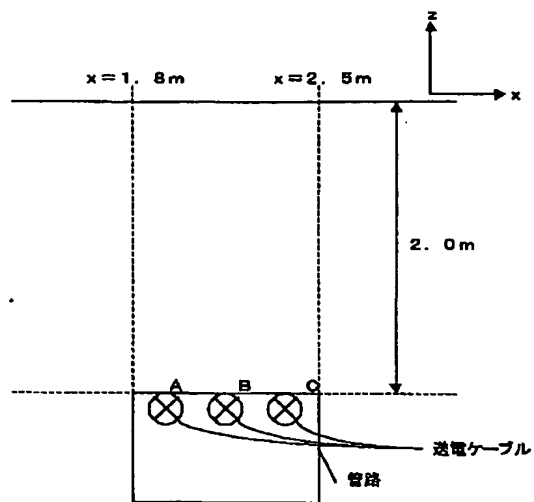
【図8】



【図5】



【図9】



フロントページの続き

(72)発明者 木邑 康二  
大阪府大阪市北区中之島3丁目3番22号  
関西電力株式会社内

(72)発明者 内藤 一二  
大阪府大阪市北区大淀北1丁目6番110号  
関西計器工業株式会社内

(72)発明者 遠山 登  
大阪府大阪市北区大淀北1丁目6番110号  
関西計器工業株式会社内

Fターム(参考) 2G005 EA03 EA05 EA09 EA10